

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Факультет біотехнології і біотехніки**

**Кафедра промислової біотехнології**

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Тетяна ТОДОСІЙЧУК

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

**Дипломний проєкт**

**на здобуття ступеня бакалавра**

**за освітньо-професійною програмою «Промислова біотехнологія»**

**спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія»**

**на тему: «Технологія виробництва біомаси грибів *Trametes pubescens*.**

**Дільниця підготовки поживного середовища.»**

Виконав :

студент IV курсу, групи БТ-62

Листопад Віталій Олегович \_\_\_\_\_

Керівник:

старший викладач кафедри промислової біотехнології, к.т.н.,

Тітова Лариса Олександрівна \_\_\_\_\_

Консультант з Розділу 5. Розрахунок обладнання для проведення  
технологічного процесу:

старший викладач кафедри біотехніки та інженерії, к.т.н.,

Фесенко Сергій Вікторович \_\_\_\_\_

Рецензент:

доцент кафедри екобіотехнології та біоенергетики, к.т.н.,

Козар Марина Юріївна \_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цьому дипломному  
проєкті немає запозичень з праць інших  
авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_

Київ – 2020 року

# ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

[illegible]

				ДП 6209 00.000.00		
	ПІБ	Підп.	Дата	Відомість дипломного проєкту	Лист	Листів
Розробн.	Листопад В.О.				1	1
Керівн.	Тітова Л.О.				КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ПБТ Гр. БТ-62	
Консульт.						
Н/контр.						
Зав.каф.	Тодосійчук Т.С.					

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Факультет біотехнології і біотехніки  
Кафедра промислової біотехнології

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 162 «Біотехнології та біоінженерія»

Освітньо-професійна програма «Промислова біотехнологія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Тетяна ТОДОСІЙЧУК

«\_27\_» лютого 2020 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проєкт студенту**

**Листопаду Віталію Олеговичу**

1. Тема проєкту **«Технологія виробництва біомаси грибів *Trametes pubescens*. Дільниця підготовки поживного середовища»**, керівник проєкту Тітова Лариса Олександрівна, к.т.н, затверджені наказом по університету від «21» травня 2020 р. № 1125-с
2. Термін подання студентом проєкту \_\_\_\_\_
3. Вихідні дані до проєкту: штам *Trametes pubescens* 1699; реактор-змішувач об'ємом 6,3 м<sup>3</sup>, коефіцієнт заповнення 0,7, частота перемішування 180 об/хв; параметри культивування: 28°C, аерація 1м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>•хв, тривалість 40 год; кінцевий продукт – таблетована суха міцеліальна біомаса гриба.
4. Зміст пояснювальної записки: підібрати і охарактеризувати продуцент для отримання біомаси; провести аналіз методів створення високопродуктивних промислових продуцентів, обґрунтувати схему отримання продуценту, що використовується у проєкті; визначити основні фізико-хімічні характеристики кінцевого продукту та біохімічні основи його виробництва; скласти матеріальний баланс виробництва, запропонувати технологічну і апаратурну схему; обґрунтувати вибір конструкції реактора-змішувача, здійснити технологічний, конструктивний та тепловий розрахунки.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): креслення загального виду реактора-змішувача – 1 арк. А1, технологічна схема – 1 арк. А1, апаратурна схема – 1 арк. А1

#### 6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 5	Фесенко С.В., ст. викл. каф. біотехніки та інженерії		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

#### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Аналіз інформації джерел фахової літератури за темою дипломного проекту. Вступ.	02.03.20-12.04.20	
2	Характеристика біологічного агента	23.03.20-15.04.20	
3	Технологічна схема. Підрозділи 4.3-4.4	30.03.20-17.04.20	
4	Біохімічні основи виробництва	02.04.20-23.04.20	
5	Технологічна частина. Підрозділи 4.1-4.4. Складання апаратурної схеми.	30.03.20-30.04.20	
6	Методи отримання промислових продуцентів. Блок-схема	23.04.20-02.05.20	
7	Технологічна частина. Підрозділ 4.5, висновки. Розрахунок обладнання для проведення технологічного процесу.	12.04.20-25.05.20	
8	Заповнення титулів, завдання. Реферати двома мовами	20.05.20-28.05.20	
9	Оформлення списку використаної літератури. Оформлення пояснювальної записки. Подання готового диплому секретареві ЕК	20.05.20-10.06.20	

Студент

\_\_\_\_\_

(підпис)

Віталій ЛИСТОПАД

\_\_\_\_\_

(ініціали, прізвище)

Керівник

\_\_\_\_\_

Лариса ТІТОВА

**Пояснювальна записка**  
**до дипломного проєкту**  
**на тему: «Технологія виробництва біомаси грибів**  
***Trametes pubescens*. Дільниця підготовки поживного**  
**середовища»**

Київ – 2020 року

## РЕФЕРАТ

Дипломний проект: 71 с., 2 рис., 3 табл., 46 посилань.

Проект присвячений вдосконаленню технології отримання біомаси базидієвого гриба *T. pubescens*. Кінцевим продуктом технології є таблетована біомаса *T. pubescens* 1699, що призначена для профілактики імунних порушень.

Запропоновано в якості продуцента обрати штам *T. pubescens* 1699, отриманий шляхом штучного добору.

За результатами аналізу біохімічних основ виробництва біомаси та фізико-хімічних характеристик кінцевого продукту обрано технологічну і апаратурну схеми отримання таблетованої біомаси *T. pubescens* 1699. Дипломний проект містить розрахунки матеріального балансу виробничого процесу до отримання кінцевої форми продукту.

Для дільниці підготовки поживного середовища обрано реактор-змішувач об'ємом 6,3 м<sup>3</sup> з механічним перемішуючим пристроєм – відкритою турбінною мішалкою з частотою обертання валу 180 об/хв., та коефіцієнтом заповнення 0,7.

*TRAMETES PUBESCENS*, ПОЖИВНЕ СЕРЕДОВИЩЕ, ТАБЛЕТОВАНА БІОМАСА, ПЕРЕМІШУВАННЯ, РЕАКТОР-ЗМІШУВАЧ

					ДП 6209. 00.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РЕФЕРАТ	Стадія	Арк.	Аркушів
Розроб.		Листопад В.О.					2	
Конс.								
Керівн.		Тітова Л.О.						
Затв.								
						КПІ ім.Ігоря Сікорського, ФБТ		

## ABSTRACT

Diploma project: 71 pages, 1 table, 2 pictures, 46 references.

The project is devoted to the improvement of the process in obtaining biomass of the basidium fungus *T. pubescens*. The final product of the technology is a tableted biomass of *T. pubescens* 1699, which is intended for the prevention of immune diseases.

A strain of *T. pubescens* 1699 was suggested, which was obtained by artificial selection.

According to the results of the analysis of biochemical bases of biomass production and physico-chemical characteristics of the final product, technological and apparatus schemes of the technology have been selected. The project contains calculations of the material balance of the production process by the final form of the product.

A 6.3 m<sup>3</sup> mixer reactor is selected for the nutrient medium preparation field. The device has an open turbine mixer with a rotation speed of 180 rpm, and its fill factor is 0.7.

TRAMETES PUBESCENS, NUTRIENT MEDIUM, TABLETED BIOMASS,  
MIXING, REACTOR-MIXER

					ДП 6209. 00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ I. ХАРАКТЕРИСТИКА БІОЛОГІЧНОГО АГЕНТА.....	11
1.1. Основні промислові продуценти.....	11
1.2. Морфолого-цитологічні ознаки.....	13
1.3. Культуральні ознаки .....	14
1.4. Фізіолого-біохімічні ознаки .....	14
1.5. Поширення в природі .....	17
РОЗДІЛ II. БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ ВИРОБНИЦТВА.....	18
2.1. Характеристика кінцевого продукту.....	18
2.2. Схема хімічних перетворень.....	18
2.3. Характеристика компонентного складу біотехнологічного препарату, отриманого в процесі реалізації технології.....	20
2.4. Методи очистки цільового продукту.....	22
2.5. Механізми впливу цільового продукту на біохімічні процеси.....	23
РОЗДІЛ III. МЕТОДИ ОТРИМАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПРОДУЦЕНТІВ...25	
3.1. Генетична вивченість біологічного об'єкту.....	25
3.2. Загальні методи створення високопродуктивного промислового штаму.....	25
3.3. Схема отримання продуценту, що використовується в роботі.....	27
РОЗДІЛ IV. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	28
4.1. Характеристика кінцевої продукції виробництва.....	28
4.2. Характеристика сировини, матеріалів та напівпродуктів, що використовуються у виробництві.....	29
4.3. Опис технологічного процесу .....	31
4.4. Матеріальний баланс.....	40
4.5. Контроль виробництва.....	42

					ДП 6209 00.000.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ЗМІСТ	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив		Листопад В.О.				Д	7	71
Консульт.								
Керівник		Тітова Л.О.						
Затвер.						КПІ ім. Ігоря Сікорського		



РОЗДІЛ V. РОЗРАХУНОК ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ .....	46
5.1. Обґрунтування вибраної конструкції. Підбір конструкційних матеріалів для окремих елементів апарат .....	46
5.2. Технологічний, конструктивний, гідравлічний розрахунки .....	49
5.3. Вибір загальнозаводського обладнання.....	61
5.4. Вимоги до охорони праці та навколишнього середовища.....	62
ВИСНОВОК.....	65
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	66

					ДП 6209 00.000.ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## ВСТУП

Створення лікувальних та профілактичних засобів є невід'ємною частиною розвитку сучасної біотехнології. Особливо це стосується отримання таких метаболітів з природних речовин. Цікавими для вирішення даної проблеми є вищі базидіальні гриби, які проявляють імуномодулюючу та протипухлинну активність. Пошук та виробництво даних препаратів вирішує проблеми зниження захисної активності організму та появи ряду імунних порушень.

Препарати на основі грибів виготовлені на основі полісахаридів, що містяться в екстракті плодових тіл продуцента. Крім того, слід відмітити їх роль у посиленні клітинного імунітету, а також здатність проявляти метастатичні властивості. Біомаса з міцелію базидіального гриба *Trametes pubescens* містить широкий спектр біологічно активних сполук, що можуть бути отримані в результаті глибинного культивування[1-4].

На даний момент у світі існує доволі широкий вибір препаратів на основі біомаси грибів роду *Trametes*. Штам С-23 відомий як продуцент ергостерину. Одним з напрямків нових досліджень може бути пошук нових штамів, продуктивність отримання біомаси з яких була б вищою за існуючі. Також, важливим є модернізація виробництва таким чином, щоб досягти максимальної продуктивності при економічній вигідності та технологічній доступності обладнання. В Україні спектр вищесказаних препаратів не настільки широкий, проте вони виготовляються. Відповідно, нові дослідження з даної теми є актуальними[1-3, 19].

Метою дипломного проекту є вдосконалення технології отримання біомаси вищих базидіальних грибів *Trametes pubescens*.

					ДП 6209 00.000.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ВСТУП	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив		Листопад В.О.				Д	9	71
Консульт.						КПІ ім. Ігоря Сікорського		
Керівник		Тітова Л.О.						
Затвер.								

Для досягнення мети було встановлено наступні задачі:

1. Знайти високопродуктивний штам *Trametes pubescens* за допомогою аналізу літератури та обґрунтувати його перспективність.
2. На основі біохімічних перетворень, що проходять в процесі культивування, обґрунтувати параметри культивування та охарактеризувати кінцевий продукт.
3. Обґрунтувати вибір схеми отримання продуцента.
4. Запропонувати шляхи удосконалення технології виробництва біомаси.
5. Скласти технологічну та апаратурну схеми виробництва та вибрати відповідне обладнання для отримання біомаси вищих базидіальних грибів *Trametes pubescens*.
6. Запропонувати шляхи вдосконалення та вдосконалити типові обладнання для проведення процесу підготовки поживного середовища.
7. Розрахувати апарат, що задовольняє умови тепло- та масообміну при підготовці посівного матеріалу і виконати його креслення.
8. Передбачити заходи та засоби забезпечення здорових умов праці і пожежної безпеки на виробництві.

					ДП 6209 00.000.ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА БІОЛОГІЧНОГО АГЕНТА

### 1.1 Основні промислові продуценти

Здатність утворювати при культивуванні біомасу, що має певні корисні властивості, властива широкому ряду міцеліальних культур. Особливо це стосується базидієвих грибів, біомаса яких має дані властивості без виділення з неї одного компонента (рід *Trametes*). Це можуть бути імуномодуючі, сорбційні, профілактичні та інші препарати. За формою випуску переважно порошки, таблетки та капсули[4-9].

Висушену біомасу в чистому виді без інших компонентів зазвичай виробляють у формі таблеток, рідше – капсул. Однією з зручних форм також є порошок, якщо біомаса згодом буде використана для отримання комплексного препарату. Типовим таким препаратом є Трамелан – містить в своєму складі біомасу та ряд інших активних компонентів, що виступає як БАД(додаткове джерело цинку та гліканів). Штам С-23 *Trametes pubescens* є визнаним продуцентом ергостерину – провітаміну D<sub>2</sub>. Біомаса даного продуцента, в менших кількостях, зустрічається в деяких інших препаратах, наприклад Леван.

Для отримання цільового продукту використовують ряд штамів *Trametes pubescens*, що відрізняються за продуктивністю та технологічними рішеннями при культивуванні[5-19].

*Trametes pubescens* (інші назви - трутовик пухнастий та коріол пухнастий)

Належить до відділу Базидіомікотових (*Basidiomycota*), класу Агарикоміцети (*Agaricomycetes*), порядку Поліпоральні (*Polyporales*), сім'ї: Поліпорові (*Polyporaceae*), роду Траметес (*Trametes*).

					ДП 6209 00.000.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА БІОЛОГІЧНОГО АГЕНТА	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив		Листопад В.О.				Д	11	71
Консульт.						КПІ ім.. Ігоря Сікорського		
Керівник		Тітова Л.О.						
Затвер.								

Повна назва: *Trametes pubescens*

Згідно визначника грибів[22], існують такі штами *Trametes pubescens* (322 та 1699), що придатні для промислового використання:

*Trametes pubescens* (Schumach.) Pilát \* (= *Tyromyces pubescens* (Alb.: Schw.) Donk.)

322 ← BIN (VKMF-115), 1979, Russia, Leningrad region

1699 ← IFB (154), 1993, Byelorussia, Minsk, 2000

В результаті аналізу показників росту та продуктивності штамів для проекту було обрано штам 1699 *T. pubescens* з Київської колекції грибів.

					ДП 6209 00.000.ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## 1.2 Морфолого-цитологічні ознаки

Плодові тіла є однорічними, у вигляді сидячих бічних шапок.

Довжина шапок 2 – 5 см, ширина 3 – 8 см, товщина 0,2 – 1 см, вони є напівкруглими, іноді віяловидними та черепашковидними, плоскуватими, тонкими, потовщеними біля основи, шкірясті, пізніше коркові групи. Поверхня шапок бархатна, пухнаста, в деяких випадках вкрита рідко розташованими щетинками, дідко майже гола або радіально зморшкувата чи борозниста з невиразною зональністю, спочатку білувата або жовтувата, а потім охряна або шкіряно-жовта. Край має гострувату форму, підвернутий.

Гіменофор трубчастий з трубками довжиною 1 – 5 мм. Пори з діаметром 0,2 – 0,4 мм, округлі, з тонким, цільним або дрібно-зубчастим краєм та щільністю 2 – 4 на 1 мм.

Споровий порошок білого кольору. Спори розміром 2 - 2,5 (3) мкм, циліндричної форми, іноді зігнуті та звужені біля основи, безбарвні.

Тканина на початку росту м'якошкіряста та біла, згодом корково-волокниста, легка та жовтувата.

Мицелій клітинний розгалужений, спори циліндричні, слабоаллантаїдні, гладкі, гіалінові. Базидії 12-16 × 4 - 5 мкм, булавоподібні, 4-спорові, з пряжкою в основі. Цистид немає. Гіфальна система тримітична. Генеративні гіфи -тонко і товстостінні, 2 - 3 мкм в діаметрі; перегородки з пряжками. Скелетні гіфи товстостінні, 2 - 5 мкм в діаметрі. Зв'язувальні гіфи викривлені і розгалужені, 1 - 2.5 мкм в діаметрі.

Серед поживних речовин, що зустрічаються в біомасі:

- загальний білок 40-50% (містить всі есенціальні а-ти);
- вуглеводи 25-30% (імуномодулюючі ендополісахариди (β-глюкани));
- ліпіди 3,5-5,0% (ергостерини, есенціальні фосфоліпіди та ненасичені жирні кислоти, убіхінони);
- нуклеїнові кислоти 3,0-4,5%;
- мінеральні речовини - 6,5-8,5% (Ca, P, K, Mg, Fe, Cu, Zn, Cr, Mn, Mo, Co) та вітаміни 0,35-0,45% (вітаміни групи B, фолієва кислота, біотин)[5-9].

					ДП 6209 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		13

### 1.3. Культуральні ознаки

Максимальна швидкість росту серед базидіоміцетів є притаманною саме дереворуйнівним грибам роду *Trametes*. Дослідження виявили, що багато видів даних грибів можуть інтенсивно рости в умовах глибинного культивування. Важливу роль в даному процесі відіграє склад поживного середовища. Глибинне культивування спричиняє більш швидкий та продуктивний ріст базидіоміцетів в порівнянні з поверхневим культивуванням на рідких середовищах[10-21].

Залежно від поживного середовища, показники колоній можуть бути різними. Проте, для більшості поживних середовищ формується білий ватний міцелій високої щільності, рівними краями та без чітко вираженої зональності. При старінні культури можлива кремова або коричнева пігментація[9].

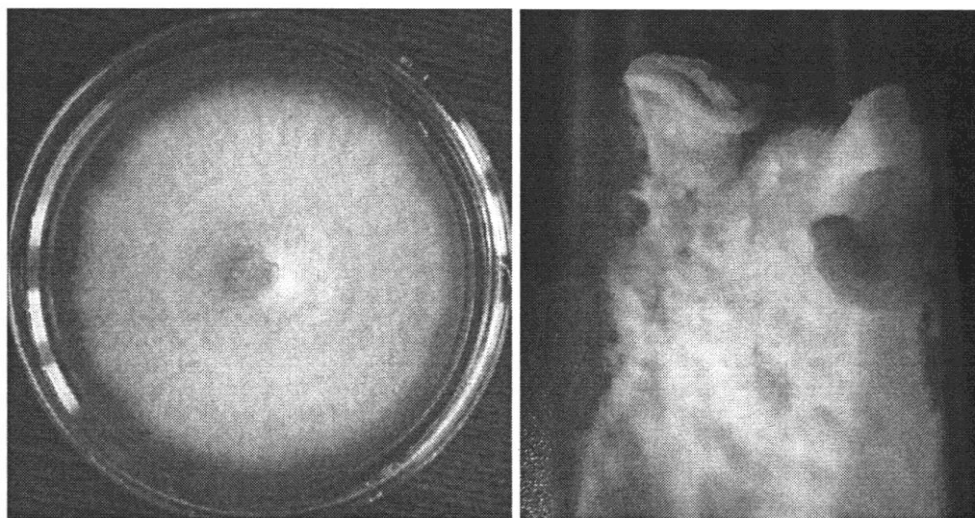


Рисунок 1.1 Міцелій *T. pubescens* на чашці Петрі

### 1.4 Фізіолого-біохімічні ознаки

В дослідженнях найбільш оптимальною для максимального накопичення біомаси є глибинна форма посівного матеріалу: подрібненого

					ДП 6209 00.000.ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

концентрацією 0,4–0,6 г/л на суху речовину, що сприяє збільшенню продукування біомаси в 2 рази за 3 дні культивування. Відомо, що вирощування в колбах на качалках вдвічі збільшує швидкість росту штамів базидієвих грибів порівняно з поверхневою культурою, причому на накопичення біомаси впливає не суттєво. Продуктивність штамів одного і того ж виду може значно відрізнятися. При концентрації карбону в поживному середовищі 1–2 % за наявності ферментеру вихід біомаси не перевищує 12 г/л. За умов періодичного глибинного культивування продуктивність перспективних штамів за 72 годин має бути не нижче 3–5 г/л за добу при економічному коефіцієнті 50 % та вмістом чистого білку в біомасі 30–50%. Важливим технологічним фактором, який впливає на ріст та розвиток грибів, є температура. Найбільш сприятлива температура для розвитку базидієвих грибів знаходиться в межах від +18 до +36°C. Оптимальним є середнє значення 26-30°C[10-14].

В дослідженнях доведено, що базидієві гриби мають здатність ефективно регулювати кислотність середовища за певних значень в процесі власної життєдіяльності, як за рахунок метаболізму ряду катіонів та аніонів, так і за рахунок секреції в поживне середовищі метаболітів, що викликають зміну рН. Вони підкислюють середовище, маючи здатність синтезувати в великих кількостях органічні кислоти. Продуценти можуть рости в великому діапазоні рН, впливаючи на нього безпосередньо. Оптимальне значення рН для росту роду базидієвих грибів досить значно змінюється залежно від властивостей штаму і може варіюватись від 3,0 до 8,0. Для штамів *Trametes pubescens* оптимальним є рН 5,0-6,3[8-13].

Джерелами вуглецю для грибів виступають різні органічні сполуки: вуглеводи (цукри та їх метаболіти, оліго- та полісахариди), білки, вуглеводні, похідні фенолів, спирти, органічні кислоти, амінокислоти. Ступінь доступності для грибів певної сполуки детермінується їх хімічною будовою. Тому, властивість засвоювати моно- та олігоцукри може значно змінюватись залежно від природи штаму одного виду гриба. Було перевірено, що глюкоза

					ДП 6209 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		15



швидше засвоюється штамами базидієвих грибів, ніж фруктоза. Дослідження також встановили, що найвигіднішими джерелами вуглецю слід вважати гексози та дисахариди: на поживних середовищах, що містять ці сполуки, накопичується більша кількість біомаси за більш короткий час. Пентози в складі ПС, в цілому, гірше засвоюються продуцентом, ніж гексози. Полімерні форми цукрів (-оліго та полісахариди) попередньо гідролізуються грибами. Лігнін використовується та входить до метаболізму багатьох дереворуйнуючих та підстилочних грибів в природі. Але, в культурі для засвоєння він має знаходитись у доступній формі, і, як правило, продуцент має бути до нього адаптований. В основному, при наявності у середовищі декількох цукрів кінцева біомаса міцелію вища, ніж сумарна біомаса міцелію за утилізації кожного джерела Карбону окремо. Додавання незначної кількості глюкози (так звана «стартова глюкоза») відчутно підвищує уміння грибів адаптуватися до решти джерел вуглецю. Найменш сприятливим джерелом вуглецю для базидієвих грибів є солі органічних кислот. Використання солей органічних кислот на виході дає дуже незначний приріст біомаси, в деяких випадках навіть пригнічуючи ріст грибів. Серед спиртів для багатьох штамів придатним є гліцерин та маніт.

На відміну від бактерій, гриби не здатні зв'язувати атмосферний азот. Вони можуть засвоювати його лише в формі неорганічних солей або органічних сполук азоту. Потреба грибів в азоті значною мірою залежить від задоволення потреб джерелом Карбону. Досліджуючи азотне живлення вищих грибів, більшість вчених дійшли до висновку, що краще засвоюються органічні азотовмісні речовини, представлені білками та продуктами їхнього гідролізу, а саме, пептони та амінокислоти. Також, до складу пептидів входять деякі ростові речовини, в результаті чого вони представляють суттєвий інтерес як органічні джерела азотного живлення для вищих базидієвих грибів. Серед органічних сполук базидіоміцети добре засвоюють амінокислоти, так як вони мають здатність до дезамінування. Серед амінокислот найкраще метаболізується аспарагін. В основному, кращий ріст

					ДП 6209 00.000.ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

спостерігається за використання в якості неорганічного джерела азоту  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  та  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , що забезпечує концентрацію біомаси в рамках 4–5 г/л на п'яту добу культивування. Доведено, що внесення в середовище кукурудзяного та дріжджового екстракту в якості додаткових джерел азотного живлення сприяє більш інтенсивному накопиченню біомаси, а також забезпечує більший вихід білка в культурі [9-13,21].

Культура є аеробом, тому при виробничому біосинтезі використовують барботер для пневматичного перемішування. Згідно потреб культури в певних компонентах живлення, культура росте на багатьох ПС, але з різними показниками росту та економічного коефіцієнта. Тому, для біосинтезу підходить поживне середовище в складі бурякової меляси, аміачної селітри, калію фосфорнокислого двозаміщеного та сечовини. Середовище на основі бурякової меляси найбільш доцільно використовувати через достатньо високі показники росту і економічну доступність вихідної сировини.

Хімічний склад клітин було наведено в розділі 1.2. Клітинна стінка багата на  $\beta$ -1,3-глюкани, що і є однією з причин використання штаму 1699 *T. pubescens* в біотехнології. Володіє хітаназною та целюлазною активністю в середньому до 10 та 14 од/мл відповідно. Стійкість до актинофагів є досить високою, відповідно проблем при біосинтезі та інших процесах даний аспект не викликає[15-18].

### 1.5 Поширення в природі

Росте в термінз червня по жовтень на: пенях, відмерлих стовбурах, гілках дерев, переважно берези, вільхи, дуба, буката осики. Спричиняє інтенсивну білу гниль деревини.

В Україні зустрічається на Прикарпатті, на Правобережному Поліссі, в Лівобережному Лісостепу, в Розтоцько-Опільських Лісах. Ксилотроф, неїстівний, непаразитичний, не є небезпечним для людини[7-10].

					ДП 6209 00.000.ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## РОЗДІЛ 2. БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ ВИРОБНИЦТВА

### 2.1 Характеристика кінцевого продукту

Кінцевим продуктом технології, якій присвячений даний дипломний проект, є таблетована міцеліальна біомаса *T. pubescens* 1699.

Біомаса *T. pubescens* 1699 отримана методом глибинного культивування на мелясному середовищі, відділена від культуральної рідини фільтруванням і висушена.

Біомаса має наступний хімічний склад, %:

- Загальний білок - 40-50 (містить есенціальні для організму людини амінокислоти);
- Вуглеводи - 25-30 (імуномодулюючі ендополісахариди -  $\beta$ -глюкани);
- Ліпіди - 3,5-5,0 (ергостерини, есенціальні фосфоліпіди та ненасичені жирні кислоти, убіхінони);
- Нуклеїнові кислоти 3,0-4,5;
- Мінеральні речовини - 6,5-8,5 (Ca, P, K, Mg, Fe, Cu, Zn, Cr, Mn, Mo, Co);
- Вітаміни: 0,35-0,45 (вітаміни групи B, фолієва кислота, PP, H).

Біомаса вищих базидіальних грибів може бути реалізована в різних формах, в тому числі капсулах та таблетках. Для штаму *T. pubescens* 1699 економічно і технологічно вигідно використовувати таблетування. Відповідно кінцевий продукт – таблетована міцеліальна біомаса штаму *T. pubescens* 1699. Склад, зовнішній вигляд, вимоги до упаковки, маркування, транспортування ітд здійснюється згідно чинних в Україні ДСТУ/ТУ на продукцію[14,16,17-19].

					ДП 6209 00.000.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат				
Розробив		Листопад В.О.			РОЗДІЛ 2. БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ ВИРОБНИЦТВА	Стадія	Аркуш	Аркушів
Консульт.						Д	18	71
						КПІ ім. Ігоря Сікорського		
Керівник		Тітова Л.О.						
Затвер.								

## 2.2 Схема хімічних перетворень

В процесі біосинтезу відбувається накопичення біомаси, і хімічні перетворення пов'язані з метаболізмом самого гриба. Важливу роль відіграють умови проходження біосинтезу, при яких швидкість росту та накопичення біомаси буде високим, а її компонентний склад стабільним.

Основний біосинтез здійснюється при температурі 28°C, pH = 5,0-5,2, тривалістю 40 годин на середовищі на основі бурякової меляси[5-9].

Одним з типових циклів метаболізму продуцента є цикл Кребса, схему якого наведено нижче.

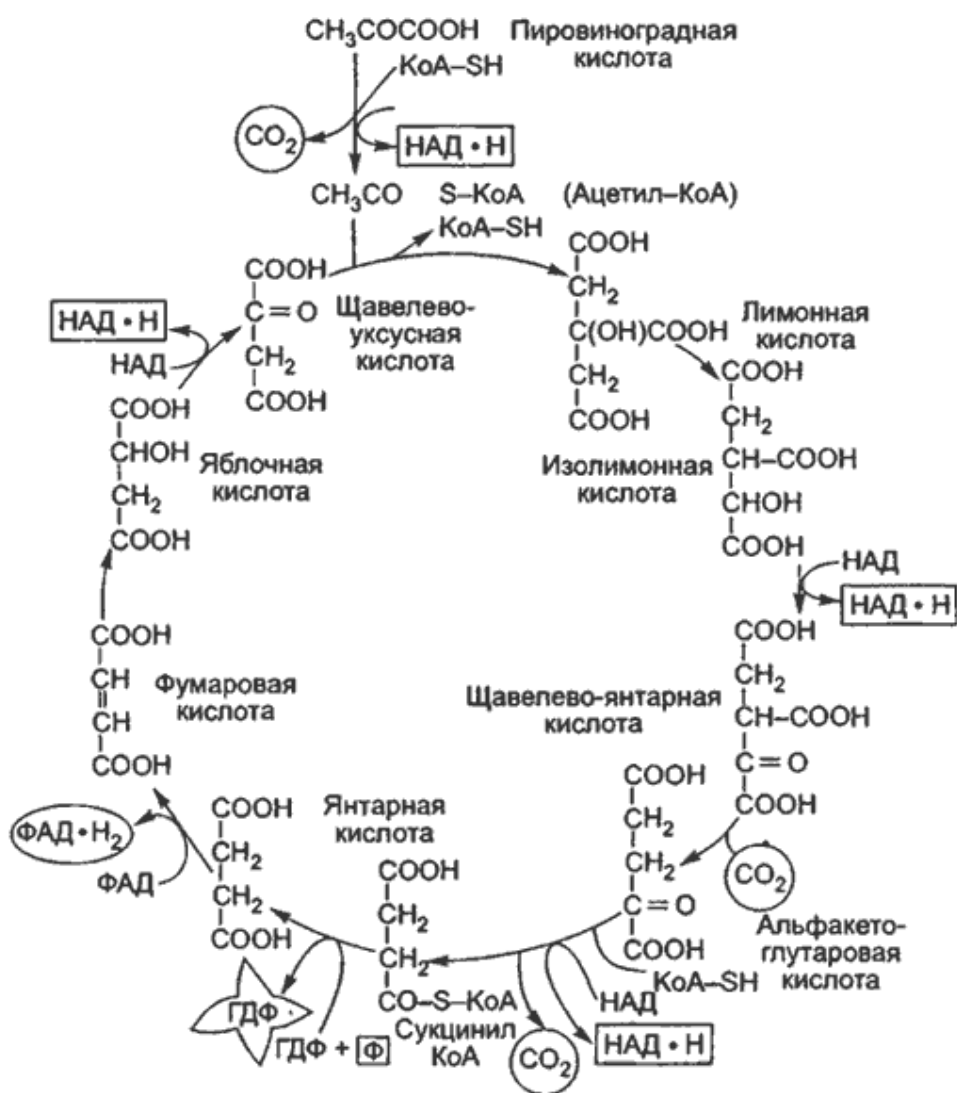


Рисунок 2.1 Цикл Кребса

### 2.3 Характеристика компонентного складу препарату

Допоміжні речовини при формуванні таблеток призначені для надання таблеткової масі необхідних властивостей, що супроводжують такі процеси: точність дозування, механічну міцність, здатність розпадатися та стабільність таблеток в процесі зберігання. Допоміжні речовини, використані для виробництва таблеток, можна розділити на групи за їх призначенням. До допоміжних речовин висуваються наступні вимоги: хімічна індиферентність; відсутність негативного впливу на організм хворого, якість таблеток при їх виготовленні, транспортуванні та зберіганні[26].

Наповнювачі або розріджувачі додаються з метою одержання маси таблеток. За невеликого дозування лікарської речовини (в межах 0,01—0,001 г) або при таблетуванні сильнодіючих чи отруйних та інших речовин їх можна використовувати для регулювання певних технологічних показників. Наповнювачі детермінують технологічні властивості маси для таблетування та фізико-механічні властивості готових таблеток. До наповнювачів відносять: крохмаль, глюкоза, сахароза, лактоза, карбонат магнію, оксид магнію, хлорид натрію, гідрокарбонат натрію, глина біла (каолін), желатин, целюлоза МЦК.

Частинки багатьох лікарських речовин мають невелику силу зчеплення між собою, тому при таблетуванні необхідно використовувати високий тиск, що може бути причиною несвоєчасного зносу прес-інструмента таблеткових машин та отримання неякісного продукту. Для отримання необхідної сили зчеплення при відносно невисокому тиску до таблетованих речовин додають так звані зв'язувальні речовини. Заповнюючи міжчастинковий простір, вони збільшують контактну поверхню частинок та їх можливість до когезії (очищена вода, етиловий спирт, крохмальний клейстер, цукровий сироп та інші розчини).

Особливу роль відіграють зв'язувальні речовини при пресуванні складних порошків, що в процесі виробництва можуть розшаровуватися, що

					ДП 6209 00.000.ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

призводить до отримання таблеток з нерівним вмістом вхідних компонентів. Застосування певного виду зв'язувальних речовин та їх кількість залежить від фізико-хімічних властивостей речовин, що пресуються.[25,26]

В процесі пресування лікарських речовин значно зменшується пористість, тому погіршується проникнення рідини до таблетки. Для поліпшення розпадання або розчинення використовують розпушувальні речовини, що виконують механічну руйнацію таблеток у рідкому середовищі для якнайшвидшого випорожнення діючої речовини. Розпушувачі додають до складу таблеток і в інших випадках, коли препарат є нерозчинним у воді та якщо таблетка здатна до цементування в процесі зберігання(пшеничний крохмаль, картопляний, кукурудзяний, рисовий, пектин, желатин, МЦ, ультраамілопектин, агар-агар, кислота альгінова, альгінат калію і натрію ітд).

Антифрикційні речовини, такі як крохмаль, тальк, поліетиленоксид-4000, аеросил ітд. Проблемним питанням таблеткового виробництва є отримання хорошої плинності гранулята в живильних пристроях (лійках чи бункерах).

Ковзні речовини, що мають здатність до адсорбції на поверхні частинок (гранул), усувають та зменшують шорсткість і збільшують їхню плинність (сипкість). Найкращу ефективність ковзання мають частинки сферичної форми.[28]

Коригувальні речовини додають до складу таблеток для поліпшення їхнього смаку, кольору та запаху. Змащувальні речовини полегшують виштовхування таблеток з матриці. По іншому їх називають антиадгезійними або протисклеювальними (цукор, глюкоза, фруктоза, сахароза, ксиліт, маніт, сорбіт, аспартам, гліцин, дульцин ітд.)

На основі аналізу додаткових компонентів таблеток було встановлено компонентний склад продукту. Таблетована форма готового продукту містить: 70% біомаси, 29% наповнювача карбоксиметил крохмалю, 1% магнію стеарату.

					ДП 6209 00.000.ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Допускаються відхилення в рамках норми, мікробіологічна чистота має відповідати класам чистоти приміщень технологічного процесу (мікробіологічний контроль стадій ТП)[16]

Таблетована біомаса включає в себе: 70% біомаси та 29% наповнювача карбоксиметил крохмалю з додаванням 1% магнію стеарату. Таблетки білого кольору з деяким сіруватим відтінком, круглої форми.

## 2.4 Методи очистки цільового продукту

До основних методів відділення міцелію від культуральної рідини належать: фільтрація або центрифугування та екстракція.

Для фільтрації міцеліальних культур використовуються: фільтрпрес, нутч-фільтр, друк-фільтр, центрифуги та сепаратори. Фільтр-преси використовуються для обробки великих об'ємів культуральної рідини, сам процес фільтрації здійснюється під тиском. Для фільтрації невеликих об'ємів культуральної рідини застосовують нутч-фільтри або друк-фільтри. Перший варіант працює під вакуумом, а в другому фільтрація здійснюється за допомогою створення тиску над фільтруючою рідиною[22-25].

У промисловості витяг активної речовини з нативного розчину також може бути заснований на екстракції. Перед екстракцією відбувається поділ емульсії на сепараторі. На стадії екстракції з нативного розчину використовуються трьохступінчасті екстрактори, в яких відбувається екстракція[19-22].

Отриману методом глибинного культивування біомасу *T. pubescens* 1699 відділяють від культуральної рідини фільтруванням.

З метою підвищення продуктивності устаткування фільтрації і зниження витрат ресурсів все частіше використовують фільтри з механізованим зніманням осаду, а саме барабанні вакуум-фільтри. Вони являють собою барабан, що занурений нижньою частиною в ємність, куди безперервно надходить культуральна рідина. Поверхня барабану є перфорованою та

					ДП 6209 00.000.ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

обтягнутою фільтруючою тканиною, а барабан розділений перегородками на секції. При його обертанні секції послідовно підключаються до збірок фільтрату, промивних вод та колектора стислого повітря. Проте, дане технологічне рішення є більш складним, а для відділення біомаси можна використати нутч-фільтри при постійному вакуумі. Так як виділення одного компоненту не є необхідним, використання інших специфічних методів виділення не є доцільним.[10-12]

Сушіння біомаси також не потребує специфічних умов. Можливим є зменшення тривалості ділянки сушіння для зменшення тривалості виробничого циклу. Для сушіння використовують типові сушили з робочим тиском пари не більше 0,6 МПа та продуктивністю 100-150 кг/год.

## 2.5. Механізми впливу цільового продукту на біохімічні процеси

БАР, що продукуються *T. pubescens*, є імуномодуляторами для організму тварин та людини. При використанні препаратів культури підвищується функціональна активність макрофагів, показник фагоцитозу, а також відбувається суттєве накопичення інтерферону[2-4].

Також, покращує клітинний імунітет вцілому, впливає на продукцію факторів некрозу пухлин та є індуктором інтерферонів[3,4].

Основний імуномодулюючий компонент біомаси – ендополісахариди ( $\beta$ -глюкани), що безпосередньо беруть участь в імунних реакціях організму.

Бета-глюкани – вид високоефективних імуномодулюючих речовин, які широко застосовуються в медицині. Це полімерні вуглеводи, які складаються з D-стереоізомерів глюкози. Бета-1,3-1,6-глюкан – натуральні сполуки, що входять до складу клітинної стінки грибів і дріжджів. Вцілому, молекула бета-глюкану складається з основного довгого ланцюжка молекул D-глюкози, з'єднаних бета-1,3-зв'язками, і бічних коротких ланцюгів, також з'єднаних бета-1,3-зв'язками. Основний і бічні ланцюжки зв'язані між собою за допомогою бета-1,6-зв'язку. Тип, конфігурація і просторова конформація

					ДП 6209 00.000.ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		



бетаглюканів багато в чому визначають їх імуномодулюючу активність. Цей факт підтверджується тим, що, наприклад, альфа-глюкани не проявляють такого ефекту. Спричинено це наявністю великої кількості альфа-глюканази в організмі людини. У той час, периферична кров, тканини тварин і людини повністю позбавлені бета-глюканази, відповідно, бета-глюкани не гідролізуються так інтенсивно та чинять імуномодулюючу дію.

В природному середовищі продуцент є типовим ксилотрофом і шкоди людині та природному середовищу не завдає.

					ДП 6209 00.000.ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## РОЗДІЛ 3. МЕТОДИ ОТРИМАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПРОДУЦЕНТІВ

### 3.1. Генетична вивченість біологічного об'єкту

Генетична вивченість *Trametes pubescens* є спірним питанням. Вид містить генетичну карту, має достатньо інформації в відомих базах даних, таких як NCBI, EMBL, mycobank тощо.

Згідно секвенування геному *Trametes pubescens* було отримано наступні дані:

- розмір геному 39.76 Mbp
- розглянуто структурні особливості геному хромосоми продуцента
- середня довжина гену 1571bp
- середня довжина екзонів 276 bp, інтронів 84 bp
- середня довжина білків 425 амінокислот
- середнє число екзотів на ген – 4,63
- отримана кількість моделей гену - 14451

З іншого боку, механізми експресії генів, індукторів та репресорів вивчені недостатньо. Зумовлено це тим, що існуючої інформації цілком достатньо для впровадження штамів в виробництво, а також відносною складністю таких досліджень[6-16].

### 3.2. Загальні методи створення високопродуктивного промислового продуценту

Добір розділяють на природний та штучний. Природний добір - процес виживання організмів, які завдяки особливостям генотипів найбільш

					ДП 6209 00.000.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат				
Розробив	Листопад В.О.				РОЗДІЛ 3. МЕТОДИ ОТРИМАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПРОДУЦЕНТІВ.	Стадія	Аркуш	Аркушів
Консульт.						Д	25	71
						КПІ ім. Ігоря Сікорського		
Керівник	Тітова Л.О.							
Затвер.								

пристосовані до навколишніх умов і залишають найбільшу кількість нащадків. Відповідно, природний добір – це диференційоване відтворення індиферентних генотипів за певних умов.

Штучний добір відрізняється від природного тим, що курується і здійснюється людиною на її розсуд задля отримання нових продуцентів мікроорганізмів.

Методи відрізняються між собою тим, що потрібно отримати такий мікроорганізм, щоб у певному середовищі мав більшу пристосованість, ніж вихідний. Для того, щоб досягти цієї мети, слід створити такі умови культивування, при яких новий варіант штаму за рахунок природних мутацій витіснить з популяції вихідний.

Проведення індукованого мутагенезу потребує виконання обробки культури рядом мутагенів: фізичних (температура, різні види випромінювань), хімічних (інгібітори синтезу попередників НК; алкілюючі сполуки; окисники; подовжувачі ниток ДНК; інгібітори синтезу РНК; речовини із комплексною дією на ДНК). Вибір мутагену залежить від типу мутацій, які необхідно отримати, а також ефективністю мутагену відносно даного продуцента.

При культивуванні в нових умовах, для яких потрібне пристосування, в процесі зміни генотипу популяції спостерігається «переродження культури» [22-25].

При отриманні продуцентів вищих базидієвих грибів найчастіше використовуються 2 методи: штучний добір та індукований мутагенез.[17,21]

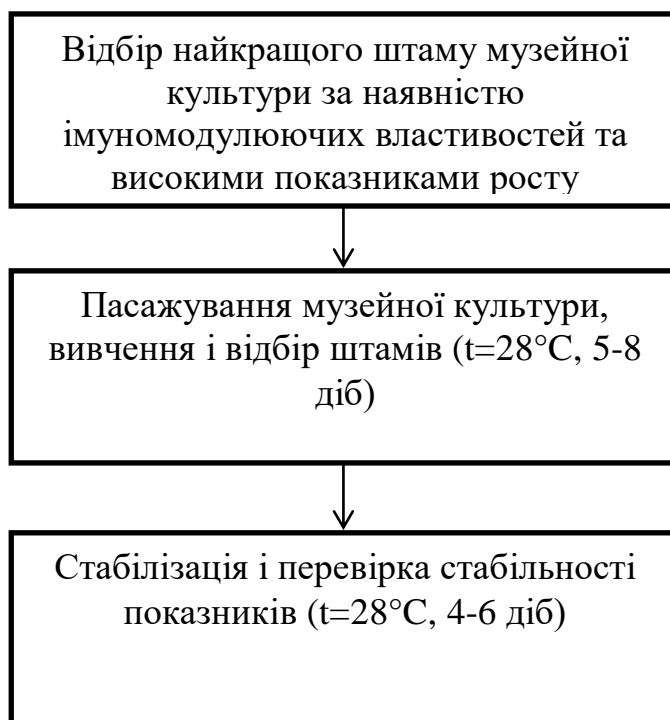
Для штамів *T. pubescens* індукований мутагенез є економічно та технологічно недоцільним. Це зумовлено рядом факторів:

- показники, які треба збільшити – кількість біомаси та вміст  $\beta$ -гліканів;
- обробка мутагенами потребує додаткового обладнання;
- значне підвищення синтезу біомаси не є 100% вірогідним;
- недостатня вивченість самих механізмів експресії генів(було зазначено вище).

					ДП 6209 00.000.ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Тому, необхідно використати штучний добір. В більшості випадків методи селекції ґруновані на відборі, що проходить на фоні природної мінливості організму. Відбір здійснюється за концентрацією біомаси(максимально можлива) і вмістом бета-глюканів(не менше 15%). В процесі відбору досліджується не менше 100 колоній. Шляхом штучного добору очікувано збільшення виходу біомаси на 15-30%[17,18,21].

### 3.3 Схеґа отримання продуцента, що використовується в роботі



При отриманні промислового штаму вихідна культура проходить декілька етапів. На першому проводиться відбір найкращого штаму музейної культури за наявністю параметрів відбору. На другому проводиться пасажування музейної культури, вивчення та підбір штамів з найкращими показниками за чіткого дотримання умов технології. На наступному етапі проходить стабілізація і перевірка стабільності показників концентрації біомаси та вмісту глюканів за допомогою множинних пересівів і масштабування[34,38]. Отриманий продуцент в подальшому використовується в виробничому біосинтезі.

					ДП 6209 00.000.ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 4.1. Характеристика кінцевої продукції виробництва

- назва продукції – біомаса *T. pubescens* таблетована;
- призначена для лікування та профілактики імунних порушень в фармацевтичній та медичній галузях;
- кінцевий препарат являє собою біомасу природнього штаму, висушену та відокремлену від сторонніх домішок. Являє собою комплексну сполуку, компонентний склад якої буде наведено в попередніх розділах. Це таблетована міцеліальна біомаса штаму 1699 *T. Pubescens* з наповнювачами сріблясто-білого кольору;
- вимоги до упаковки, маркування, транспортування, зберігання та терміну придатності здійснюється у відповідності до чинних в Україні ДСТУ/ТУ на продукцію галузі біотехнології міцеліальних культур[14,16,17-19].
- упаковка: таблетки в упаковках по 20 шт, розфасовані у коробки.
- маркування пакувальних матеріалів, нанесене за допомогою печатки або тиснення, повинне бути чітким, стійким до дії світла та видалення[29]. Кожна пакувальна одиниця тари має мати етикетку з етикетного паперу (ГОСТ 7625-86) та письмового паперу (ГОСТ 18510-87);
- товарний знак і назва підприємства-виробника, адресу та місце виготовлення;

					ДП 6209 00.000.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	РОЗДІЛ 4.ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив		Листопад В.О.				Д	28	71
Консульт.								
Керівник		Тітова Л.О.				КПІ ім. Ігоря. Сікорського		
Затвер.								

- назву продукту;
- дату виготовлення;
- умови зберігання;
- термін придатності до споживання;
- маса нетто(в г);
- кількість пакувальних одиниць для групової тари;
- позначення ТУ.

#### **4.2. Характеристика сировини, матеріалів та напівпродуктів, що використовуються в виробництві**

Перелік сировини, матеріалів та напівпродуктів наведено в таблиці нижче.

Таблиця 4.1. Характеристика сировини, матеріалів та напівпродуктів

Найменування	Категорія і номер НТД, згідно якої перевіряються показники якості	Показники, що обов'язкові для перевірки та їх нормативне значення	Примітка
1	2	3	4
1. Основна сировина:			
1.1. Агар	ГОСТ 17206-84	Масова частка золи в перерахунку на суху речовину не менше 2%; не допускається наявність йоду чи важких металів	
1.2 Амоній азотнокислий	ДСТУ 7370:2013	Масова частка нітратного азоту - >98 Масова частка води - <0,2/0,3 рН 10% р-ну - >5	

		Розсипчастість – 100%	
1.3 Бурякова меляса	ДСТУ 3696-98 (ГОСТ 30561-98)	Масова доля сухих речовин, не менше 75% Масова доля сахарози, не менше 43% Масова доля редукуючи цукрів, не менше 44% Величина рН 6,5 - 8,5	
1.4 Калій фосфорнокислий двозаміщений	ДСТУ 8205:2015	Масова частка фосфорнокислого фосфору - >98 Масова частка води - <0,2/0,3 рН 10% р-ну - >4,5 Розсипчастість – 100%	
1.5. Сечовина	ДСТУ 7312:2013	Масова частка азоту на суху речовину - >46,2 Масова частка біурету - <1,4 Масова частка води - <0,3/0,6	
1.6. Штам <i>T. pubescens</i> 1699		Морфологія, щохарактерна для даного продуценту, відсутність сторонньої мікрофлори	
2.Допоміжна сировина			
2.1. Вода питна	ГОСТ 2874-82	рН 6,0-9,0; хлориди - не більше 350 мг/дм3; загальна жорсткість -не більше 7 моль/дм3	

2.2. Засіб миючий	ГОСТ 25644-96	Вміст активного хлору 5%	
2.3. Наповнювач карбоксиметил крохмаль(з додаванням 1% стеарату магнію)	ТУ У 15.6-21407680-001-2005	Згідно ТУ	
2.4. Їдкий натр технічний	ГОСТ 2263-79	Масова частка гідроксиду натрію не менше 42%	
2.5. Перекис водню	ГОСТ 177-88	Масова частка перекису в межах 30%-40%	
3. Матеріали			
3.1. Картонні коробки	ГОСТ 12301-2006	Маркування, цілісність	
3.2. Тканина фільтрувальна	ГОСТ 50534-93	Всі показники у відповідності до ГОСТ	
3.3 Упаковки	ГОСТ 12301-2006	Усі показники у відповідності з ГОСТ	

#### 4.3 Опис технологічного процесу

##### ДР 1. Санітарна підготовка виробництва

Санітарна підготовка виробництва передбачає такі етапи:

- підготовку персоналу;
- підготовку виробничих приміщень;
- підготовку обладнання та комунікацій;
- підготовку дезінфікуючих розчинів.



Всі етапи є невід’ємною частиною підготовки до процесу виробничого біосинтезу.

Обслуговуючий персонал приступає до роботи, лише за умови попереднього проходження санітарної підготовки виробництва і проходження санітарно-гігієнічної обробки.

Після проведення санітарної підготовки обладнання, приміщення, на обладнання і двері приміщення вішають картку, на якій написано: «Обладнання очищене, назва та вміст дезінфікуючого розчину, дата і підпис відповідальної особи».

Перед початком роботи здійснюють огляд та підготовку всього обладнання до проведення технологічного процесу, а також експлуатацію всього обладнання відповідно до вимог технічного регламенту.

В процесі роботи технологічне обладнання забезпечується відповідними картками з вказівкою стадії процесу і дати та прізвища оператора чи майстра.

#### *ДР 1.1 Підготовка персоналу*

При влаштуванні на роботу та щорічно персонал, який безпосередньо залучений у виробництві, має пройти медичний огляд, а також систематичне навчання щодо санітарно-гігієнічних вимог та дотримання правил особистої гігієни.

Кожен працівник повинен бути забезпечений комплектами санітарного одягу, заміна одягу проводиться щоденно або в міру забруднення. Перед початком роботи працівники мають одягти чистий санітарний одяг, підібрати волосся під хустинку або ковпак, зняти з себе прикраси, вимити руки теплою водою з милом та продезінфікувати їх.

Кожен працівник на підприємстві має відповідальність за виконання правил особистої гігієни, стан робочого місця, виконання технологічних і санітарних вимог на своїй ділянці.

#### *ДР 1.2 Приготування дезінфікуючих і миючих розчинів*

					ДП 6209 00.000.ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Для запобігання контамінації та дотримання чистоти на підприємстві використовують миючі засоби. Розчини готують в реакторах-змішувачах.

Приготовані миючі та дезінфікуючі засоби використовують з метою санітарної обробки (миття та дезінфекції) приміщень та технологічного обладнання, комунікацій, інвентарю, санітарно-технічного обладнання тощо.

#### *ДР 1.3 Підготовка виробничих приміщень*

Для приготування приміщення для виробництва, необхідно провести ряд заходів для зведення до мінімуму механічних та мікробних забруднень, що включає в себе вологе прибирання, дезінфекційну обробку поверхонь приміщень. Підготовка виробничих приміщень відбувається щоденно, щотижнево та щомісячно.

#### *ДР 1.4 Підготовка обладнання та комунікацій*

Виробниче обладнання має бути безпечним для продукції. Обладнання та засоби обслуговування мають бути спроектовані і встановлені так, щоб робочі операції, технічне обслуговування та ремонтні роботи були проведені поза чистою зоною. Стерилізацію проводити тільки після повної збірки обладнання. Підготовка технологічного обладнання проводиться до та після проведення технологічного процесу.

##### *ДР 1.4.1 Мийка вузлів обладнання*

Обробку технологічного обладнання та комунікацій здійснюють за допомогою розчину 3 % «Катаміну», який пропускається при температурі 40 °C 40-50 хв.

Ферментер та посівний апарат обробляють мийно-дезінфікуючим розчином 3 % «Катаміну» після кожного культивування. Безпосередньо перед початком проведення технологічного процесу реактор, установку та матеріальні лінії промивають очищеною водою та стерильним паром. Обладнання маркують відповідно за здійсненими операціями. Відпрацьований розчин надходить до знешкодження відходів.

##### *ДР 1.4.2 Обробка вузлів обладнання дезінфікуючим розчином та ополіскування*

					ДП 6209 00.000.ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Ополіскування проводиться очищеною водою, відпрацьована вода йде до ЗВ.

#### *ДР 1.4.3 Стерилізація обладнання*

Стерилізація устаткування здійснюється гострою парою при температурі 140 °С при тиску 0,2 Мпа. Тривалість операції складає приблизно 60 хвилин. Параметри стерилізації забезпечують ефективне знищення мікрофлори.

#### *ДР 2. Підготовка повітря*

##### *ДР 2.1 Підготовка вентиляційного повітря*

Повітря виробничих приміщень є вірогідним джерелом забруднення, тому його очищення є одним із важливих питань технологічної гігієни. Це досягається використанням фільтрів відповідної ефективності. В основі методу лежить багатостадійна фільтрація повітря .

Для подачі повітря в приміщення необхідно виконати такі умови:

- стиснення повітря для подолання опору повітроводів;
- видалення пилу та інших механічних частинок;
- видалення та знищення мікроорганізмів;
- регулювання температури та вологості.

##### *ДР 2.1.1. Забір повітря*

Підготовка вентиляційного повітря складається з забору повітря з атмосфери за допомогою повітрозабірника через забірну шахту висотою 20–30 м, де концентрація мікроорганізмів стабільна. Температура та вологість зовнішнього повітря та кількість в ньому пилу та мікроорганізмів залежить від пори року, погодних умов та географічного розташування підприємства.

##### *ДР 2.1.2. Механічна очистка повітря*

Для попереднього очищення повітря використано фільтри грубої очистки, в яких з повітря вилучаються механічні частки розміром більше 5 мкм. Ці фільтри запобігають забрудненню вентилятора і зменшують присутність контамінантів. Видалення механічних домішок здійснюється при

					ДП 6209 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		34

проходженні повітря через фільтр попередньої очистки повітря з діаметром пор 5-10 мкм.

#### *ДР 2.1.3. Нагнітання повітря*

Нагнітання повітря відбувається при проходженні через вентилятор за тиску 0,2 МПа.

#### *ДР 2.1.4. Кондиціонування та стабілізація параметрів повітря*

Потім через вентилятор повітря надходить до нагрівальної колонки, де відбувається стабілізація фізико-хімічних показників повітря за температури 20°C та вологості 40-60%. На вході гострої пари в нагрівальну колонку та в місці зливу з неї конденсату наявні вентиля. Завершується процес у повітряному фільтрі з діаметром пор фільтруючого матеріалу 1,5 мкм, де здійснюється очистка повітря від дрібних частинок та мікроорганізмів, що потрапили в систему після фільтрів попередньої очистки. Отримане вентиляційне повітря надходить до приміщень.

#### *ДР 2.2 Підготовка стерильного повітря*

В процесі культивування в посівному апараті та ферментері культура, що зростає, аерується стерильним повітрям. Вентиляційне повітря має відповідати вимогами класів чистоти приміщень (класу D).

В процесі підготовки стерильного повітря здійснюється забір повітря за допомогою повітрозбірника, нагнітання повітря та механічна очистка в фільтрі попереднього очищення, охолодження повітря до 15°C та подання до ресиверу, з якого воно виходить при 20°C та 0,2 МПа. Далі іде очищення на головному та індивідуальному фільтрах(частки до 1,5/0,5мм затримуються, ступені очистки 95/99,999%).

##### *ДР 2.2.1. Забір повітря*

Забір атмосферного повітря здійснюють за допомогою повітрозабірника діаметром 300 мм на висоті 20-30 метрів, відповідно з ДР 2.1.1.

##### *ДР 2.2.2. Нагнітання та механічна очистка повітря*

					ДП 6209 00.000.ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Забране повітря під тиском надходить через фільтр попередньої очистки. На цьому етапі повітря відділяється від часток, що мають розміри більше 10 мкм, тобто діаметру пор фільтрувального матеріалу, так само, як і в ДР 2.1.2.

Після очистки на фільтрі повітря нагнітається за допомогою насосу при тиску 0,2 МПа.

#### *ДР 2.2.3. Видалення вологи з повітря*

Повітря охолоджується в кожухотрубному теплообміннику до температури 15°C. В результаті з повітря видаляються залишки вологи, що зумовлено різким перепадом температур. Холодоагент - технічна вода холодна.

#### *ДР 2.2.4. Стабілізація термодинамічних показників повітря*

Охолоджене повітря надходить в ресивер, де відбувається стабілізація термодинамічних показників. На вході гострої пари в ресивер, в місці зливу конденсату, а також на виході відпрацьованого пару наявні вентилі. Повітря виходить з ресиверу під тиском 0,2 МПа та за температури 20°C.

#### *ДР 2.2.5. Очищення повітря на головному фільтрі*

Очистка повітря від дрібних частинок пилу та мікроорганізмів, які потрапили в них після проходження фільтрів попередньої очистки відбувається на фільтрах з стерилізуючим ефектом. Після стабілізації в ресивері повітря іде до загального фільтру типу HEPA з ступенем очистки 95%, де затримуються частинки до 1,5 мкм.

#### *ДР 2.2.6. Очищення повітря на індивідуальному фільтрі*

Після очищення на головному фільтрі повітря надходить на індивідуальні фільтри типу ФТО, де затримуються часточки до 0,5 мкм. Ці фільтри забезпечують ступінь очистки до 99,999%. В індивідуальних фільтрах використовуються спеціальні фільтруючі матеріали. В якості фільтруючого матеріалу слід використати матеріали на основі базальтового супертонкого волокна. При процесі очистки повітря контролюється тиск у системі, перепади якого є результатом мікробної контамінації або наявності

					ДП 6209 00.000.ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

механічних часток. Після процесу очистки на індивідуальному фільтрі стерильне повітря надходить до барботерів інокулятора та ферментеру для аерації культури.

### *ДР 3. Підготовка робочих рочинів*

#### *ДР 3.1 Приготування 10% р-ну NaOH*

Для приготування 5 л 10% розчину NaOH у збірник засипається 300 г гідроксиду натрію, який зважується на електричних вагах, заливають 2 л очищеної води, перемішують протягом 5 – 10 хв.

### *ДР 4 Підготовка тари*

Мийка та ополіскування тари за допомогою приготованих миючих розчинів та її подальша сушка. Відходи на ЗВ та ПВ.

### *ДР 5 Підготовка поживних середовищ*

#### *ДР 5.1 Підготовка та стерилізація ПС для посівного матеріалу*

Розрахунок компонентів для приготування необхідної кількості ПС(зваження, подрібнення, перемішування). Стерилізація за 120°C, 0,1 Мпа, 80хв автоклавуванням.

#### *ДР 5.2 Підготовка ПС для виробничого біосинтезу*

##### *ДР 5.2.1 Приготування основи бурякової меляси*

Готується в реакторі-змішувачі як термолабільний компонент.

##### *ДР 5.2.2 Приготування і стерилізація розчинів солей*

Зважування необхідної кількості солей, поміщення в реактор-змішувач. Приготування розчинів інших компонентів в реакторах. Додавання питної води, стерилізація гострою парою 125°C, 0,2 Мпа, 80хв.

##### *ДР 5.2.3 Отримання композиції ПС та його стерилізація*

В великий реактор відбувається додавання приготованих розчинів солей, а також сечовини за допомогою стерилізуючої фільтрації, стерилізація гострою парою 125°C, 0,2 Мпа, 80хв.

### *ТП 6 Підготовка посівного матеріалу*

#### *ТП 6.1 Відновлення музейної культури T. pubescens*

					<i>ДП 6209 00.000.ПЗ</i>	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Витримують культуру при 28°C протягом 5 діб. Культивування на скошеному ячмінно-солодовому агаризованому середовищі на пробірках.

*ТП 6.2 Вирощування посівного матеріалу в чашках Петрі*

Те ж середовище, що й в 6.1, 6 діб, 28°C

*ТП 6.3 Вирощування посівного матеріалу в колбах*

Вирощують в колбах з мелясним рідким ПС, 5-7 діб, за тих же параметрів, що й 6.1 та 6.2.

*ТП 6.4 Вирощування посівного матеріалу в інокуляторі*

Посівний матеріал з колб по закінченню інкубування в термостаті за допомогою системи стерильних шлангів перекачується у підготовлений інокулятор із стерилізованим ПС через заздалегідь обпалений штуцер для накопичення кінцевого посівного матеріалу. Об'єм апарату 0,63 м<sup>3</sup> з коефіцієнтом заповнення 0,5. Процес в інокуляторі проводиться за температури 28°C, що дотримується подачею води в сорочку апарата тривалістю 72 годин.

*ТП 7 Виробничий біосинтез*

Виробничий біосинтез здійснюють на поживному середовищі у ферментері, за таких параметрів культивування: температура (28±1)°C, рН=5, надлишковий тиск 0,03 – 0,04МПа, тривалість культивування 40 год. Частота роботи перемішуючого пристрою - 120 об/хв. Через кожні 3 год відбирають проби культуральної рідини з метою проведення мікробіологічного контролю та визначення концентрації біомаси. Контроль концентрації редукуючих цукрів, рН та вмісту глюканів здійснюється кожні 12 годин.

*ТП 8 Відділення біомаси від культуральної рідини*

Відділення біомаси від культуральної рідини відбувається на нутч-фільтрі, що працює при постійному вакуумі. Об'єм фільтру 50л, діаметр пор варіюється в межах 25-50 мікронів.

*ТП 9 Сушіння біомаси*

					ДП 6209 00.000.ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Після фільтрування напівфабрикат відразу завантажують в розпилюючу сушарку, при температурі 50°C та максимальному надлишковому тиску 0,6 МПа. Процес триває протягом 2-3 діб.

#### *ТП 10 Подрібнення продукту*

Після сушіння суха біомаса подрібнюється в роторній дробинці до частинок діаметром не менше 0,5 мм.

#### *ТП 11 Отримання таблеточної маси і таблетування*

Подрібнені частинки утворюють таблеточну масу разом з наповнювачем карбоксиметилкрохмалем та стеаратом магнію, з якої за допомогою машини для таблетування формуються таблетки прописаних в ТУ розмірів. Таблетка покривається оболонкою з декстрину для кращого проковтування.

#### *ТП 12 Фасування та маркування продукту*

Отримані таблетки фасують в упаковки, а упаковки в ящики зі складу, відбракована тара іде на утилізацію. В коробку кладеться інструкція з застосування, потім коробки обклеюються стрічкою на апараті для обклеювання стрічкою. Після цього коробки відправляються на склад.

#### *ЗВ 13 Знешкодження відходів та промислових викидів*

До стадії подаються такі речовини: складові миючих та дезінфікуючих розчинів, що застосовувались на стадії санітарної підготовки обладнання та приміщень; компоненти вихідної сировини та напівпродуктів, що перероблялись в стадіях. Апаратурне оформлення виробництва не передбачає повного використання сировини, напівпродуктів та матеріалів. Наявні втрати спричиняють утворення твердих та рідких промислових відходів.

#### *ПВ 14 Переробка відходів*

Здійснюється переробка відходів, отриманих після знешкодження на ЗВ 14.

					ДП 6209 00.000.ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		



#### 4.4 Матеріальний баланс

Матеріальний баланс виробництва наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 Матеріальний баланс виробництва

Використано				Отримано			
Назва сировини, матеріалів та напівпродуктів	Кількість			Назва кінцевого продукту або напівпродуктів, відходів та втрат	Кількість		
	кг	шт	л		кг	шт	л
Підготовка ПС							
Амоній азотнокислий	85			Поживне середовище для біосинтезу			4030
Калій фосфорнокислий двозаміщений	65						
Сечовина	30						
Бурякова меляса			1925				
Вода питна			1925				
Всього	4030			Всього	4030		
Підготовка посівного матеріалу							
Поживне середовище			4000	Посівний матеріал			400
				Відходи ПС			3600
Всього	4000			Всього	4000		
Біосинтез							
Поживне середовище для біосинтезу			4030	Культуральна рідина	28,21		
Посівний			400	Залишки після	4410		

					ДП 6209 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		40

матеріал				біосинтезу			
Всього	4430			Всього	4430		
Фільтрування культуральної рідини							
Культуральна рідина	28,21			Біомаса	19,75		
				Домішки та відходи	8,46		
Всього	28,21			Всього	28,21		
Сушіння біомаси							
Біомаса	19,75			Біомаса висушена	15		
				Волога	4,75		
Всього	19,75			Всього	19,75		
Подрібнення продукту							
Біомаса висушена	15			Біомаса висушена	14		
				Втрати	1		
Всього	15			Всього	15		
Отримання таблеточної маси і таблетування							
Біомаса	14			Таблетована біомаса	0,002	9500	
Наповнювачі	6			Відходи	1		
Всього	20			Всього	20		
Фасування та пакування							
Таблетована біомаса	19			Упаковка таблеток		95	
Упаковки		95		Коробки з упаковками		2	
Коробки		2					

Всього	97	Всього	97
--------	----	--------	----

#### 4.5. Контроль виробництва

Контроль виробництва проводиться для отримання продукту, що відповідає певним вимогам. Основні точки, параметри контролю і межі їх змін подані в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3. Контроль виробництва

Назва стадії та номер контрольної точки	Об'єкт контролю та показник, що вивчається	Метод контролю	Періодичність перевірки	Нормативна характеристика показника
1	2	3	4	5
ДР 1.3 Підготовка виробничих приміщень К <sub>т</sub> 1.3, К <sub>мб</sub> 1.3	Запиленість приміщення	Візуально	Кожна операція	Мінімальний
	Вміст мікроорганізмів в повітрі	Метод мікробіологічного аналізу		Кількість м.о. ≤500 од/м <sup>3</sup> ,
ДР 1.4 Підготовка обладнання та комунікацій К <sub>т</sub> 1.4.1, К <sub>т</sub> 1.4.2, К <sub>т</sub> 1.4.3	Тиск	Манометр	Кожна операція	0,2 МПа
	Температура стерилізації	Регулятори температур		140°C
	Тривалість стерилізації	Годинник		1 год
ДР 2.1 Підготовка вентиляційного повітря К <sub>т</sub> 2.1.	Температура	Термометр	Протягом процесів	20°C
	Вологість	Психрометр технічний		W=40-60%
ДР 2.2 Підготовка стерильного повітря К <sub>т</sub> 2.2.	Тиск	Манометр	Протягом процесу	Стале значення
	Температура	Термометр		30°C

					ДП 6209 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		42

ДР 3. Підготовка робочих розчинів К <sub>х</sub> 3.1	Концентрація розчину	Ваговий	Кожну операцію	Згідно з нормою
ДР 4. Підготовка тари К <sub>т</sub> 4.1, К <sub>т</sub> 4.2,	Цілісність, ступінь очистки	Візуально	Кожну операцію	Відповід- ність кондицій- ному стану
ДР 5. Підготовка поживних середовищ К <sub>т</sub> 5.1, К <sub>мб</sub> 5.1, К <sub>т</sub> 5.2, К <sub>мб</sub> 5.2 К <sub>х</sub> 5.3, К <sub>х</sub> 5.3	Дозування компонентів	Ваговий метод	Кожну операцію	Згідно до технології
	Температура кінцева	Термометр		30°C
	Мікробіологічна чистота	Висів на чашки Петрі і інкубування		Відсутність сторонніх м/о
	Параметри стерилізації	Термометр, манометр, годинник		125°C, 0,2 МПа, 80 хв.
ТП 6. Підготовка посівного матеріалу К <sub>т</sub> 6.1, К <sub>мб</sub> 6.1, К <sub>т</sub> 6.2, К <sub>мб</sub> 6.2, К <sub>т</sub> 6.3, К <sub>мб</sub> 6.3 К <sub>х</sub> 6.1, К <sub>х</sub> 6.2, К <sub>х</sub> 6.3	Температура	Термометр	Протягом процесу	28°C
	Тривалість культивування	Годинник		4 доби ,6 діб
	Тиск в інокуляторі	Манометр		0,01 МПа
	Мікробіологічна чистота	Висів на чашки Петрі, візуально	Кожну операцію	Відсутність сторонньої м/ф
ТП 7. Виробничий біосинтез	Мікробіологічна чистота	Висів на чашки Петрі та інкубування	Кожну операцію	Відсутність сторонньої мікрофлори

К <sub>т</sub> 7, К <sub>мб</sub> 7  К <sub>х</sub> 7	Температура	Термометр	Постійно	28°C
	Тиск у ферментері	Манометр		0,01 МПа
	Тривалість культивування	Годинник		40 год
	pH	pH-метр	Кожні 12 год	5-5,2
	Кількість редукуючих цукрів	Метод Бертрана	Кожні 12 год	0,3-0,5 %
	Вміст глюканів	Спектральний аналіз	Кожні 12 год	Не менше 15%
ТП 8. Відділення біомаси від культуральної рідини К <sub>т</sub> 8	Тиск	Манометр	Постійно протягом процесу	2 бар
ТП 9. Сушіння біомаси К <sub>т</sub> 9	Температура	Термометр	Постійно протягом процесу	50 °C
	Тиск	Манометр		0,6 МПа
ТП 11 Отримання таблеточної маси і таблетування К <sub>т</sub> 11	Дозування компонентів	Дозуючий пристрій	Кожної операції	Згідно до технології
ТП 12. Фасування та пакування продукту К <sub>т</sub> 12	Маса в упаковці	Автоматично	Кожну операцію	50 г
ЗВ 13. Знешкодження відходів та промислових викидів К <sub>х</sub> 13	Концентрація відходів	Хімічний та мікробіологічний аналіз	Кожної операції	Відповідно до правил і норм

ПВ 14. Переробка відходів Кх 14, Кт 14	Наявність забруднень	Кількісний хімічний та мікро- біологічний аналіз	Кожну операцію	Відповідно з НТД для технології
---	-------------------------	--	-------------------	---------------------------------------

#### ***4.6. Технологічна схема***

Технологічна схема виробництва подана на аркуші формату А1 дипломного проекту.

					<i>ДП 6209 00.000.ПЗ</i>	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## РОЗДІЛ 5. РОЗРАХУНОК ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

### 5.1 Обґрунтування вибраної конструкції. Підбір конструкційних матеріалів для окремих елементів апарату

З метою приготування поживного середовища, що включає в себе стадію гомогенізації всіх компонентів поживного середовища, використовують реактори-змішувачі різних конструкцій.

В основі роботи реактора-змішувача лежать фізико-хімічні процеси, а саме розчинення та перемішування компонентів рідкого поживного середовища. За матеріалом виготовляють сталеві, чавунні, емальовані та інші реактори.

Реактор-змішувач являє собою вертикальний циліндричний апарат об'ємами від 0,1 до 100 м<sup>3</sup>, з тиском не більше 1,6 МПа та перемішуючим пристроєм. Частота обертання перемішуючого пристрою від 0, 25 до 3 об/с, залежно від конструкції та компонентів ПС. При розміщенні пожежонебезпечних рідин або емульсій, використовують вибухозахищений електронагрів(автоклави).

Зустрічаються змішувачі з різними перемішуючими пристроями: пропелерними, рамними, лопатевими, якірними та турбінними мішалками. Вибір залежить від мети перемішування та характеристики компонентів:

Таблиця 5.1 Характеристики мішалок

Типи мішалок	Об'єм рідини, що перемішується однією мішалкою, м <sup>3</sup>	Вміст твердої фази в суспензії, %	Динамічна в'язкість рідини, Па	Швидкість обертання мішалки, м/с	Частота обертання мішалки, с <sup>-1</sup>
Лопатеві	до 1,5	до 5	до 0,098	1,7–5	0,3–1,35
Пропелерні	до 4,0	до 10	до 0,587	4,5–1,7	8,5–20
Турбінні:					
- відкриті	до 10,0	до 60	до 9,81	1,8–13	0,7–10
- закриті	до 20,0	> 60	до 49,05	2,1–8	1,7–6
Спеціальні	до 20,0	до 75	до 49,05	6–3	1,7–25

					ДП 6209 00.000.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат				
Розробив		Листопад В.О.			РОЗДІЛ 5. РОЗРАХУНОК ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ			
Консульт.		Фесенко С.В.						
Керівник		Тітова Л.О.						
Затвер.								
					Стадія	Аркуш	Аркушів	
					Д	46 1	71	
					КПІ ім.. Ігоря Сікорського			

При високих швидкостях обертання мішалок рідина, яка перемішується, спричиняє круговий рух і утворює воронку навколо валу, глибина якої збільшується зі зростанням числа обертів і зменшенням густини і в'язкості середовища. Для запобігання утворення воронки в апараті розміщують відбивні перегородки, які, крім цього, сприяють виникненню вихорів і збільшенню турбулентності системи. Утворення воронки можна зменшити при повному заповненні рідиною апарату, тобто при відсутності повітряного проміжку між рідиною що перемішується і кришкою апарату[40,42].

Турбінні мішалки бувають двох типів:

- відкриті;
- закриті.

Відкриті турбінні мішалки є вдосконаленою конструкцією простих лопатевих мішалок. Обертання кількох лопатей, що розташовані під кутом до вертикальної площини, утворює разом з радіальними потоками ще й осьові потоки рідини, що спричиняє інтенсивне перемішування в великих обсягах. Інтенсивність перемішування збільшується при установці ряду відбивних перегородок.

Переваги турбінних мішалок:

- 1) швидкість перемішування та розчинення;
- 2) ефективне перемішування в'язких рідин;
- 3) здатність для безперервних процесів.

Недоліками турбінних мішалок є:

- 1) порівняльна складність;
- 2) висока вартість виготовлення;
- 3) малопридатні для перемішуванні у великих об'ємах

Області застосування турбінних мішалок:

- 1) інтенсивне перемішування та композиція рідин різної в'язкості, що може змінюватися в значних межах;
- 2) тонке диспергування і швидке розчинення;

					ДП 6209 00.000.ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		



3) скаламучування осадів у рідинах, що містять 60 % або більше твердої фази (для відкритих мішалок цей показник менше 60%); допустимі розміри твердих частинок складають до 1,5 мм для відкритих мішалок та до 25 мм для закритих мішалок[39-41].

Вибір конструкції для приготування поживного середовища для культивування *T. Pubescens* базується на наступних фактах:

- об'єм приготованого ПС дорівнює приблизно 4м<sup>3</sup>, відповідно об'єм змішувача має бути 6,3 м<sup>3</sup>;
- компоненти ПС не містять пожежонебезпечних рідин, вибухозахищений електронагрів не є необхідним;
- використання турбінної мішалки не є доцільним через високу вартість виготовлення, так як одним з завдань технології є її спрощення в економічному та технологічному плані. Проте, бурякова меляса містить значну частину твердих речовин, а також має високу в'язкість до 4,4 Па, що змушує використати відкриту турбінну мішалку;
- рубашка необхідна для підтримання в композиції ПС постійної температури;
- через використання турбінної мішалки відбувається утворення воронки, тому необхідно встановити відбивальні перегородки;
- так як висота воронки не є максимально високою при приготуванні ПС з даними компонентами, достатньо встановити мінімальну кількість перегородок - 2
- в результаті, компоненти ПС задовольняють умови, в яких відкрита турбінна мішалка працює максимально ефективно, що робить вибір даної конструкції очевидним.

					ДП 6209 00.000.ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## 5.2 Технологічний, конструктивний, гідравлічний розрахунки

### ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РЕАКТОРА

Апарат призначений для приготування поживного середовища для культивування біомаси *T. pubescens*.

1. Номінальний об'єм,	6,3 м <sup>3</sup>
2. Тип перемішуючого пристрою – мішалка відкрита	турбінна
3. Кількість мішалок	1
4. Кількість відбивних перегородок	2
5. Частота обертання вала мішалки	3 с <sup>-1</sup>
6. Потужність електродвигуна	28 кВт
7. Габаритні розміри:	
- довжина	1600мм
- ширина	1600мм
- висота	3792мм
8. Маса	2590кг

***Розрахунки, що підтверджують надійність та працездатність  
конструкції***

Вихідні дані для розрахунків:

Номінальний об'єм реактора:

$$V_{\text{н}} = 6,3 \text{ м}^3$$

Коефіцієнт заповнення апарату:

$$K_{\text{з}} = 0,7$$

Тривалість процесу:

$$\tau = 72 \text{ год}$$

***Конструктивний розрахунок***

Робочий об'єм апарату розраховується за формулою:

$$V_{\text{р}} = V_{\text{н}} / K_{\text{з}} = 6,3 \cdot 0,7 = 4,41 \text{ м}^3,$$

де  $K_{\text{з}}$  – коефіцієнт заповнення ферментеру.

Діаметр апарату приймаємо  $D_{\text{вн}} = 1,6 \text{ м}$ , виходячи з стандартного ряду діаметрів.

Розраховуємо параметри днища апарату. Висота еліптичної частини днища:

$$h_{\text{ел}} = 0,25 \cdot D_{\text{вн}} = 0,25 \cdot 1,6 = 0,4 \text{ м},$$

де  $D_{\text{вн}} = 1,6 \text{ м}$  – внутрішній діаметр

Так як еліптичні днища являють собою стандартні вироби, то згідно ГОСТ 6533-78 знаходимо розміри днища апарату[40]:

- $h_1 = 0,4 \text{ м}$  – висота основи еліптичного днища;
- $F_{\text{внд}} = 3,8 \text{ м}^2$  – внутрішня поверхня еліптичного днища;

					<i>ДП 6209 00.000.ПЗ</i>	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- $V_{\text{дн}} = 0,6543 \text{ м}^3$  – об'єм еліптичного днища;
- $s_{\text{д}} = 30 \text{ мм} = 0,030 \text{ м}$  – товщина стінки еліптичного днища[8]..

Знаходимо об'єм циліндричної частини апарату:

$$V_{\text{ц}} = V_{\text{н}} - 2V_{\text{дн}} = 6,3 - 2 \cdot 0,6543 = 4,99 \text{ м}^3.$$

Висота циліндричної частини апарату :

$$H_{\text{ц}} = \frac{4 \cdot V_{\text{ц}}}{\pi \cdot D_{\text{вн}}^2} = \frac{4 \cdot 4,99}{3,14 \cdot 1,6^2} = 2,483 \text{ м.}$$

Повна висота днища апарату:

$$h_{\text{дн}} = h_1 + h_{\text{ел}} = 0,4 + 0,06 = 0,46 \text{ м.}$$

Висота рідини в циліндричній частині апарату:

$$H_{\text{рц}} = \frac{4 \cdot (V_{\text{р}} - V_{\text{дн}})}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot (4,41 - 0,6543)}{3,14 \cdot 1,6^2} = 1,86 \text{ м.}$$

Висота стовпа рідини в апараті:

$$H_{\text{р}} = H_{\text{рц}} + h_{\text{дн}} = 1,86 + 0,46 = 2,32 \text{ м.}$$

Загальна висота апарату без приводу, без штуцерів та без опор складає :

$$H_{\text{заг}} = H_{\text{ц}} + 2 \cdot (h_{\text{дн}}) = 2,483 + 2 \cdot (0,6543) = 3,792 \text{ м.}$$

Об'єм рідини в циліндричній частині апарату:

$$V_{\text{рц}} = H_{\text{ц.ч.}} \cdot \frac{D^2 \cdot \pi}{4} = 1,86 \cdot \frac{1,6^2 \cdot 3,14}{4} = 3,74 \text{ м}^2.$$

Загальний об'єм рідини в апараті:

$$V_{\text{р}} = V_{\text{рц}} + V_{\text{дн}} = 3,74 + 0,6543 = 4,4 \text{ м}^2.$$

Ширина відбивальних перегородок(2 перегородки симетричні осі апарату):

$$b_{\text{п}} = 0,1D = 0,16 \text{ м}$$

## Тепловий розрахунок

Вихідні дані для розрахунку:

Температура живильного середовища, що готується:

$$t_p = t_{пс} = t_{пм} = 28 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Температура повітря:

$$t_{\text{пов п}} = 70 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Тривалість процесу  $\tau = 72$  год

$$\text{Інтенсивність аерації } V_r = 320 \text{ м}^3/\text{год} \cdot \text{м}^3$$

$$\text{Теплоємність повітря : } C_{\text{пов}} = 1000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

$$\text{Теплоємність води : } C_T = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

Теплоємність живильного середовища:

$$\begin{aligned} c_p = c_{пс} = c_{пм} &= 4,073 - 0,00134 \cdot (14,4 \cdot x - t_{ср1}) \\ &= 4,073 - 0,00134 \cdot (14,4 \cdot 5 - 28) = 4014,04 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}. \end{aligned}$$

Густина живильного середовища:

$$\begin{aligned} \rho_p = \rho_{пм} &= 1007,3 + 4,11 \cdot (x - 0,11 \cdot t_{ср1}) = 1007,3 + 4,11 \cdot (5 - 0,11 \cdot 28) \\ &= 1015,191 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}. \end{aligned}$$

Коефіцієнт динамічної в'язкості живильного середовища:

$$\begin{aligned} \mu_p &= (2,7 + 0,192 \cdot x) \cdot t_{ср1}^{-0,426} = (2,7 + 0,192 \cdot 5) \cdot 28^{-0,426} \\ &= 0,885 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}. \end{aligned}$$

Коефіцієнт теплопровідності живильного середовища:

$$\begin{aligned} \lambda_{пс} = \lambda_{пм} &= 0,512 + 0,00095 \cdot |t_{ср1} - 40| = 0,512 + 0,00095 \cdot |28 - 40| \\ &= 0,523 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}} \end{aligned}$$

Коефіцієнт кінематичної в'язкості живильного середовища:

					ДП 6209 00.000.ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$v_{\text{пс}} = v_{\text{пм}} = \frac{\mu_p}{\rho_p} = \frac{0,885 \cdot 10^{-3}}{1015,191} = 0,872 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}.$$

Маса повітря :

$$M_{\text{пов}} = \rho_{\text{г}} \cdot V_{\text{г}} = 1,17 \cdot 320 = 374,4 \text{ кг.}$$

Маса суміші ПС:

$$M_p = \rho_p \cdot V_p = 1015,191 \cdot 4,41 = 4477 \text{ кг.}$$

Надходження теплоти в апарат:

- з поживним середовищем

$$E_{\text{пс}} = M_{\text{пс}} \cdot C_{\text{пс}} \cdot t_{\text{пс п}} = 3846,559 \cdot 4014,04 \cdot 28 = 389,09 \text{ МДж.}$$

- з повітрям

$$E_{\text{пов}} = M_{\text{пов}} \cdot C_{\text{пов}} \cdot t_{\text{пов п}} = 374,4 \cdot 1000 \cdot 70 = 26,21 \text{ МДж.}$$

- від повітря

$$E_{\text{дис2}} = V_{\text{г}} \cdot \Delta p \cdot \tau = 320 \cdot 21909,85 \cdot 90 = 631 \text{ МДж.}$$

$$\Delta p = \rho_p \cdot H_p \cdot g = 1015,191 \cdot 2,2 \cdot 9,81 = 21909,85 \text{ Дж.}$$

- теплота реакції з теплоносієм

$$E_{\text{т1}} = M_{\text{т}} \cdot C_{\text{т}} \cdot t_{\text{т п}}$$

Витрати теплоти з парою:

- з парою

$$E_{\text{пари}} = 0,1 M_p \cdot r = 0,1 \cdot 3846,559 \cdot 2260 = 0,8693 \text{ МДж.}$$

$r$  – теплота пароутворення, 2260 Дж/моль

- з повітрям

$$E_{\text{пов2}} = M_{\text{пов}} \cdot C_{\text{пов}} \cdot t_p = 374,4 \cdot 1000 \cdot 28 = 10,5 \text{ МДж.}$$

- Втрати в навколишнє середовище

$$E_{\text{втр}} = 0,2(E_{\text{пари}} + E_{\text{пов2}}) = 0,2(0,8693 + 10,5) = 2,27 \text{ МДж.}$$

- з теплоносієм

					ДП 6209 00.000.ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$E_{T2} = M_T \cdot C_T \cdot t_{TK}$$

Рівняння теплового балансу:

$$E_{\text{пс}} + E_{\text{пов1}} + E_{\text{дис1}} + E_{\text{дис2}} + E_p + E_{T1} = E_K + E_{\text{пари}} + E_{\text{пов2}} + E_{\text{втр}} + E_{T2};$$

$$E_{T1} - E_{T2} = M_T C_T (t_{T1} - t_{T2}) = E_{\text{втр}} - E_{\text{надх}};$$

$$E_{T1} - E_{T2} = 1098,57 - 531,5 \text{ МДж}$$

$$M_T C_T (t_{T1} - t_{T2}) = 567,07 \text{ МДж}$$

$$E_{\text{втр}} > E_{\text{надх}}, \text{ тоді}$$

середовище в апараті потрібно нагрівати [39] .

$$t_{T \text{ ср}} = t_p + 10^\circ\text{C} = 28 + 10 = 38^\circ\text{C}$$

$$t_{T1} = t_{\text{ср}} + 1^\circ\text{C} = 38 + 1 = 39^\circ\text{C}$$

$$t_{T2} = t_{\text{ср}} - 1^\circ\text{C} = 38 - 1 = 37^\circ\text{C}, \text{ тоді}$$

$$M_T C_T (39 - 37) = 567,07 \text{ МДж}$$

$$M_T C_T = 283,535 \text{ МДж}$$

$$M_T = \frac{M_T C_T}{C_T} = \frac{283535000}{4200} = 67508,33 \text{ кг.}$$

$$G_T = \frac{M_T}{\tau \cdot 3600} = \frac{67508,33}{90 \cdot 3600} = 0,284 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

$$W_T = \frac{G_T}{1000} = \frac{0,284}{1000} = 0,284 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

**Розрахунок параметрів тепловіддачі та теплопередачі**

$$\xi_y = \left\{ \left( 1 + 0,04 \cdot \frac{0,6}{1,12} \right) \cdot 0,273^2 + 2 + \frac{1}{(1 + 0,01559)^{0,2}} + \frac{0,04}{(1 - 0,01559)^{0,75} \cdot 1,12} \right\} = 3,11$$

$$W_p = \left( \frac{2 \cdot 9,81 \cdot 0,6(1060 - 1,17)}{3,11 \cdot 1060} \right)^{0,5} = 1,94.$$

$$\varphi_{r1} = \frac{W_r}{W_r + W_p + K \cdot U_{\delta}} = \frac{0,044}{0,044 + 1,94 + 5,46 \cdot 0,15} = 0,0157$$

$$\frac{0,01559 - 0,0157}{0,01559} = 0,07 \neq 0,05$$

перераховуємо

$$\xi_y = \left\{ \left( 1 + 0,04 \cdot \frac{0,6}{1,12} \right) \cdot 0,273^2 + 2 + \frac{1}{(1 + 0,0157)^{0,2}} + \frac{0,04}{(1 - 0,0157)^{0,75} \cdot 1,12} \right\} = 1,11$$

$$W_p = \left( \frac{2 \cdot 9,81 \cdot 0,6(1060 - 1,17)}{1,11 \cdot 1060} \right)^{0,5} = 3,25.$$

$$\varphi_{r1} = \frac{W_r}{W_r + W_p + K \cdot U_{\delta}} = \frac{0,044}{0,044 + 3,25 + 5,46 \cdot 0,15} = 0,011$$

$$\frac{0,0157 - 0,011}{0,0157} = 0,29 \neq 0,05$$

переховуємо

$$\xi_y = \left\{ \left( 1 + 0,04 \cdot \frac{0,6}{1,12} \right) \cdot 0,273^2 + 2 + \frac{1}{(1 + 0,011)^{0,2}} + \frac{0,04}{(1 - 0,011)^{0,75} \cdot 1,12} \right\} = 1,109$$

$$W_p = \left( \frac{2 \cdot 9,81 \cdot 0,6(1060 - 1,17)}{1,11 \cdot 1060} \right)^{0,5} = 3,256.$$



$$\varphi_{r1} = \frac{W_r}{W_r + W_p + K \cdot U_6} = \frac{0,044}{0,044 + 3,26 + 5,46 \cdot 0,15} = 0,0115$$

$$\frac{0,011 - 0,0115}{0,011} = 0,045 < 0,05 \text{ [41].}$$

### ***Розрахунок коефіцієнтів тепловіддачі від середовища в реакторі до теплоносія***

Коефіцієнт тепловіддачі в апаратах з мішалкою і рубашкою розраховується за формулою:

$$Nu = C Re^m Pr^{0,33} (\mu/\mu_{ст})^{0,14}$$

$$\text{де } Nu = \alpha d_M / \lambda;$$

$$Re = \rho n d_M^2 / \mu;$$

$n$  - частота обертання мішалок;

$d_M$  - діаметр мішалок;

$\mu_{ст}$  – коефіцієнт динамічної в'язкості рідини при температурі стінки рубашки;

$\mu$  – динамічний коефіцієнт в'язкості рідини при середній температурі середовища.

Для апаратів з рубашкою коефіцієнти  $C = 0,4$ ,  $m = 0,67$ .

Так як температура стінки зі сторони розчину  $t_{ст.2}$ , невідома, нехай множник  $(\mu/\mu_{ст})^{0,14}$  рівний одиниці для потоків.

Розраховуємо коефіцієнт тепловіддачі від пари до стінки:

$$\alpha'_1 = 2,04 \sqrt[4]{\frac{\lambda_p^3 \cdot \rho_p^2 \cdot r}{\mu_p \cdot H \cdot \Delta t}}$$

При цьому  $\lambda_p, \mu_p, \rho_p$  приймаються за значень температури плівки рідини  $t_{пл}, ^\circ C$ ,  $r$  – за температури насичення,  $H$  – висота циліндричної частини апарату без рубашки.

Так як значення  $\Delta t = 2^\circ C$ , звідси:

густина:  $\rho = 942,2 \text{ кг/м}^3$ ;

теплопровідність:  $\lambda = 0,686 \text{ , Вт/(м}^\circ K)$ ;

коефіцієнт динамічної в'язкості:  $\mu = 0,46 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$ ;

питома теплота пароутворення при  $130^\circ C$ :  $r = 2179 \cdot 10^3 \text{ , Дж/кг}$ .

Знаходимо коефіцієнт тепловіддачі від пари до стінки,  $\text{Вт/(м}^2 \cdot K)$ :

$$\alpha'_1 = 2,04 \sqrt[4]{\frac{0,686^3 \cdot 942,2^2 \cdot 2179000}{0,00046 \cdot 1,095 \cdot 2}} = 11184,78 \text{ Вт/м}^2 \cdot K$$

Знаходимо коефіцієнт тепловіддачі від стінки до розчину.

Критерій Прандтля розчину при  $68,43^\circ C$ :

$$Pr_2 = \frac{c_2 \mu_2}{\lambda_2} = \frac{3648,741 \cdot 0,0009}{0,6507} = 5,047$$

Критерій Рейнольдса розчину при  $68,43^\circ C$ :

$$Re = \frac{\rho n d_M^2}{\mu} = \frac{1150 \cdot 3 \cdot 0,7^2}{0,0009} = 1878333$$

Критерій Нусельта розчину:

$$Nu'_2 = C Re^m Pr^{0,33} = 0,4 \cdot 1878333^{0,67} \cdot 5,047^{0,33} = 10901,6$$

					ДП 6209 00.000.ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Коефіцієнт тепловіддачі від стінки до розчину Вт/(м²К):

$$\alpha'_2 = \frac{Nu\lambda_2}{d_M} = \frac{10901,6 * 0,6507}{0,7} = 10133,8 \text{ Вт/м}^2\text{К}$$

Термічний опір стінки і забруднень [17]:

$$\Sigma r_{ct} = \frac{1}{5800} + \frac{0,016}{17,5} + \frac{0,001}{1,163} = 1,9465 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2\text{К/Вт.}$$

Коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м² К):

$$K' = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \Sigma r_{ct} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{11184,78} + 0,0019471 + \frac{1}{10133,8}} = 468,4 \text{ Вт/ (м}^2\text{ К)}$$

Поверхнева густина теплового потоку, Вт/м²:

$$q' = K' \Delta t_{cp} = 468,4 * 61,57 = 28839,4 \text{ Вт/м}^2$$

Визначимо наближені значення  $t'_{ct,2}$ ,

$$\Delta t'_2 = \frac{q'}{\alpha'_2} = \frac{28839,4}{10133,8} = 2,85 \text{ К}$$

Звідси

$$\Delta t'_{ct2} = t_1 + \Delta t'_2 = 68,43 + 2,85 = 71,28^\circ\text{C}$$

Так як поправка в коефіцієнт тепловіддачі буде дуже незначною, рахувати виправлені значення недоцільно.

					ДП 6209 00.000.ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Подальше уточнення  $\alpha_2$  та інших величин не є необхідним, оскільки розходження  $\alpha_2$  і  $\alpha_2'$  не перевищує 5%.

### *Розрахунок потужності*

Потужність  $N_M$ , що використовується перемішуючим пристроєм тільки на перемішування, визначається за допомогою формули:

$$N_M = K_N \rho_p n^3 d_M^5,$$

де  $d_M$  – діаметр мішалок в м;

$\rho_p$  - густина середовищ в кг/м<sup>3</sup>;

$n$  – частота обертання мішалок в об/сек;

$K_N$  - критерій потужності.

$$N_M = 2 * 1150 * 3^3 * 0,7^5 = 10437 \text{ Вт}$$

Кінцева розрахункова потужність, що необхідна для перемішування:

$$N_M = 10500 \text{ Вт.}$$

Розрахуємо пускову потужність:

$$N_n = 2N_M = 2 * 10500 = 21 \text{ кВт}$$

Потужність, яку необхідно передати від електродвигуна при типовому ККД 75%:

					ДП 6209 00.000.ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$N_{\text{в}} = \frac{N_M}{\eta} = \frac{21000}{0,75} = 28\text{кВт}$$

					ДП 6209 00.000.ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

### 5.3. Вибір загальнозаводського обладнання

Деякі стадії технологічного процесу потребують перекачування рідин, поживного середовища або посівного матеріалу по трубопроводам. Для цього використовуються насоси, що унеможлиблює викиди речовин у навколишнє середовище. Підшипники змазуються рідиною, що перекачується, відповідно не забруднені матеріалом для змазування. Проточну частину насоса виготовляють з нержавіючої сталі Х18Н10Т [44-46].

Вентилятори використовують в системах промислової вентиляції, пневмотранспортних установках ітд. За принципом дії вентилятори розрізняють центробіжні та осьові. При виборі виду вентилятора враховують задання величин тиску, продуктивності, концентрації в повітрі механічних домішок, температури газів ітд. [42]

Для дільниці біосинтезу було обрано приливний та витяжний вентилятори, типу В-Ц14-46-5К-02 з двигуном АО2-71-4, та їхньою продуктивністю 5,5 м<sup>3</sup>/с. Вентилятор виготовлений з матеріалів, призначених для переміщення повітря (вологістю до 60%) як середовища, яке не викликає процеси корозії [39, 41].

На підприємствах біотехнологічної промисловості частка 80-90% води використовується на охолодження технологічного обладнання. Для охолодження апаратури розробляють систему зворотного водопостачання. Охолодження відпрацьованої, теплої і умовно чистої води здійснюється за допомогою градирень за допомогою процесу часткового випарювання при контакті зі струмом повітря [39-43].

					ДП 6209 00.000.ПЗ	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

#### 5.4. Вимоги до охорони праці та навколишнього середовища

У виробництві біомаси *T. pubescens* використовуються рухомі пристрої, що приводяться в рух за допомогою електричної енергії, та відбуваються процеси з значним виділенням енергії. Даний проект передбачає застосування внутрішньоцехового транспорту у вигляді трубопроводів, ручних візків та тари продукту. Проект виконується за урахування вимог охорони праці, пожежобезпеки та екобезпеки.

В даному розділі на основі аналізу шкідливих та небезпечних факторів зазначено заходи і засоби для створення на підприємстві безпечних умов праці та пожежної безпеки.[44,45]

На даному підприємстві знаходяться в обігу шкідливі, вибухо- та пожежонебезпечні речовини та матеріали, та також апарати, що працюють за підвищеного тиску, під вакуумом та при атмосферному тиску.

Головні причини забруднення повітря виробничої зони – це недостатня герметичність апаратури, наявність ручних операцій, низька ефективність вентиляційних пристроїв ітд. За недостатньої теплоізоляції обладнання та комунікацій відбувається негативний вплив такої надлишкової теплоти.

На виробництві використовуються нижчезазначені шкідливі та вибухо- чи пожежонебезпечні речовини:

- 10% р-н NaOH – що проявляє сильні лужні властивості. рН 1%-го водного розчину 13.
- Гідроксид натрію – токсична сполука, може спричиняти корозію металів. Ця речовина пожежо- та вибухобезпечна. Їдка, корозійно активна речовина. За ступенем впливу на організм належить до речовин 2-го класу небезпеки. Тверда речовина та концентровані розчини викликають досить сильні опіки. Попадання лугу в очі призводить до важких захворювань, навіть до втрати зору. При

					ДП 6209 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		62

попаданні на шкіру чи слизові оболонки з'являються сильні хімічні опіки. При потраплянні на шкіру промивають слабким розчином ацетату.

- при роботі з лугом використовують захисні засоби - захисні окуляри, гумові рукавички, хімічностійкий одяг.

Профілактичні заходи повинні бути спрямовані в першу чергу на боротьбу з виділенням з повітря робочої зони шкідливих речовин. Через це необхідно передбачити автоматизацію та механізацію технологічних процесів та ефективну роботу вентиляції і дотримання технологічного режиму [45,46].

Особливу увагу слід приділити герметизації обладнання і комунікацій, механізації процесів та операцій по завантаженню та розвантаженню сировини, а також уже готової продукції. Ступінь герметичності апаратів разом з методами і способами дослідження на герметичність слід визначати за допомогою ОСТ 26-11-14-88 [58].

Вали перемішуючих пристроїв апаратів, що вміщують вибухонебезпечні і шкідливі речовини, віднесені до класів небезпеки по ГОСТ 12.1.007, мають мати подвійні торцеві ущільнювачі або ущільнювачі інших типів, що забезпечують такий же рівень герметичності[41].

Апарати мають бути забезпечені штуцерами для промивання і продування, установки запобіжних пристроїв, КВП та арматури. В необхідних випадках для проведення гідравлічних і пневматичних випробувань треба передбачити штуцери для заповнення апарату і сорочки водою, випуску залишків повітря з корпусу апарату, та отвір з пробкою і заглушкою для зливу води після випробувань[39-40].

Екологічні проблеми виробництва спричинені в першу чергу використанням великих мас технічної води та повітря з перетворенням їх на викиди. Небезпека викидів полягає в наявності в них живих та мертвих

					ДП 6209 00.000.ПЗ	Арк.
						63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		



клітин мікроорганізму, потрапляння яких в навколишнє середовище в перспективі може викликати у ньому шкідливі зміни. [43-46]

Значну увагу слід приділити таким стадіям ТП, як переробка та знешкодження відходів. Хоча виробництво, крім NaOH, не містить в собі відходів високої токсичності, їх сукупність може мати негативний вплив на навколишнє середовище. Відповідно, дотримання вищезазначених норм є обов'язковим.

					<i>ДП 6209 00.000.ПЗ</i>	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## ВИСНОВКИ

1. Дипломний проект присвячений вдосконаленню технології отримання біомаси *T. pubescens*, що має лікувально-профілактичне призначення. За результатом аналізу фізіолого-біологічних характеристик *T. pubescens* для даної технології обрано штам *T. pubescens* 1699, що має імуномодуючі властивості та продуктивність 7 г/дм<sup>3</sup> біомаси.
2. Проведено аналіз методів отримання високопродуктивного промислового продуценту, та запропоновано схему отримання штаму продуценту методом штучного добору.
3. Враховуючи фізіолого-біохімічні особливості продуценту *T. pubescens* 1699 обрано склад поживного середовища, що містить бурякову мелясу, сечовину, амоній азотнокислий та калій фосфорнокислий двозаміщений. Параметри культивування: 28°C, аерація 1м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>•хв, тривалість 40 год.
4. Розраховано реактор-змішувач для приготування поживного середовища об'ємом 6,3 м<sup>3</sup>, механічним перемішуючим пристроєм – відкритою турбінною мішалкою з частотою обертання валу 180 об/хв та коефіцієнтом заповнення 0,7. Технологічні та конструктивні розрахунки підтверджують працездатність і надійність апарату.
5. Відповідно вимог до готової форми таблеток запропоновано технологічну і апаратурну схеми для отримання біомаси *T. pubescens* в таблетованій формі.

					ДП 6209 00.000.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат				
Розробив		Листопад В.О.			ВИСНОВКИ	Стадія	Аркуш	Аркушів
Консульт.						Д	65	71
Керівник		Тітова Л.О.				КПІ ім. Ігоря Сікорського		
Затвер.								